台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(2):139–148 (2011)

柳橙果實綠黴病之發生與藥劑防治[1]

蔡志濃[2] 安寶貞[2,3] 鄭秀芳[2]

摘　要

蔡志濃、安寶貞、鄭秀芳。2011。柳橙果實綠黴病之發生與藥劑防治。台灣農業研究 60:139–148。

柳橙綠黴病 (由 *Penicillium digitatum* 引起) 是我國柳橙果實最常見的貯藏期病害之一。綠黴病菌菌絲培養於馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基 (PDA) 時，4℃以下與 36℃以上均不會生長，最適生長溫度為 24℃。人工接種試驗結果顯示，柳橙果實經針刺製造傷口，接種綠黴菌分生孢子懸浮液後，分別置於 4℃至 36℃間隔 4℃之定溫箱中 7 天，結果 8℃以下及 32℃以上不會發病，24℃發病最早且最嚴重，約第 2–3 天即發病；但無傷痍處理的果實則完全不發病。藥劑試驗結果顯示，抑制綠黴病菌孢子發芽以 25%克熱淨溶液 2000 倍稀釋液 (ai 125 ppm) 之效果最好，抑制率為 100%；41.8%腐絕水懸劑 500 倍稀釋液 (ai 836 ppm) 之效果次之；次氯酸鈉 (NaOCl) 300 ppm (ai) 及二氧化氯 (ClO_2) 100 ppm (ai) 之效果均不佳。而抑制綠黴菌菌絲生長亦以 25%克熱淨溶液 2000 倍稀釋液之效果最佳，抑制率為 100%，其他供試藥劑之效果均差。果實浸藥實驗：不論先接種病原菌再浸藥或者先浸藥再接種病原菌，均以 25%克熱淨溶液 2000 倍稀釋液效果最好，浸泡該藥劑稀釋液後，只要不造成新傷口，於室溫下至少可保護柳橙果實 9 天以上不被病原菌感染；而且傷痍接種的果實如果在 16 小時內浸藥，亦可抑制病徵出現。其他供試藥劑，包括腐絕水懸劑 500 倍稀釋液 (ai 836 ppm) 及次氯酸鈉 (NaOCl) 2000 ppm (ai) 皆無防治效果。

關鍵詞：柳橙、綠黴病、藥劑防治、克熱淨。

前　言

柑橘為台灣重要的經濟果樹之一，其中柳橙栽培面積最廣，約一萬公頃，主要分佈於雲林、嘉義及台南地區 (Council of Agriculture 2009)。由於柳橙豐產，經常造成產銷失衡、價格低落等問題，因此急需拓展外銷。近年來政府積極開拓外銷大陸市場，但綠黴病 (由 *Penicillium digitatum* Saccardo 引起) 和青黴病 (由 *Penicillium italicum* Wehmer 引起) 是柳橙果實最常見的貯藏期病害，尤其綠黴病更是近年來引起柳橙果實腐敗之元兇，曾造成 97 年外銷中國柳橙果實大量腐敗，因此該病害成為目前果品外銷的最主要限制因子。台灣對於柑橘

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2521 號。接受日期：100 年 6 月 17 日。
2. 本所植物病理組副研究員、研究員兼組長、研究助理。台灣　台中市。
3. 通訊作者，電子郵件：pjann@tari.gov.tw；傳真機：(04)23302803。

綠黴病等病害之研究相當少，僅有 Sawada (1922) 及羅清澤等 (Lo *et al.* 1952) 記錄病害之發生，並未有深入之研究。因此作者等進行相關研究，探討柳橙果實綠黴病之發生因子及尋求病害之有效防治方法。

材料與方法

供試菌株之分離、鑑定、培養及接種源配製

病菌分離及鑑定：將罹患綠黴病之柳橙果實採回，直接刮取病菌分生孢子塗抹於馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基 (potato dextrose agar, PDA, DIFCO, USA) 上，之後進行單孢分離，再將純化之病原菌培養於 PDA 培養基上，並以顯微鏡觀察病原菌形態特性當鑑定依據。經初步培養與接種試驗，選取生長良好與病原性 (virulence) 強的菌株 PD9701 (分離自雲林縣古坑鄉之罹病柳橙) 供試。試驗前，先將菌株接種於 PDA 平板上置於 24℃下無光照定溫箱中培養 5–7 天，供下列各項試驗。

分生孢子懸浮液之配製：將純化之菌株 PD9701 培養於 PDA 培養基，置於 24℃下無光照定溫箱中培養 5–7 天後，以無菌移植環刮取孢子移入無菌蒸餾水中，製備孢子懸浮液 (1×10^6 spores/mL) 供試。

柳橙綠黴病菌之生長溫度

將供試之 PD9701 菌株培養於 PDA 培養基，置於 24℃下無光照定溫箱中培養 5–7 天後，以滅菌過之打孔器 (孔徑 1 cm) 切取菌絲塊，菌絲面朝下置入直徑 9 cm 之 PDA 培養基，分別置於 4–36℃間隔 4℃之定溫培養箱中培養，每天量取菌落直徑，至第 7 天為止。每溫度處理 5 皿，試驗重複進行 2 次。

藥劑對綠黴病菌孢子發芽之影響

供試藥劑之配製：供試藥劑與濃度分別為 25%克熱淨溶液 (iminoctadine triacetate) 稀釋 1000 倍 (ai 250 ppm) (億豐農化廠股份有限公司)、41.8%腐絕水懸劑 (thiabendazole) 稀釋 250 倍 (ai 1672 ppm) (興農股份有限公司)、2,4-Dichloro phenoxcyacetic acid (2,4-D，石原產業株式會社) 50 ppm (ai) 及次氯酸鈉 (NaOCl) 600 ppm (ai)。配製各藥劑的稀釋液時，先配製 10% CV-8 蔬菜汁 (每公升含 10% V-8 蔬菜汁與 0.2%碳酸鈣 ($CaCO_3$)，蔬菜汁與碳酸鈣混合後先經 1500 rpm 離心 5 分鐘，取上層液滅菌後使用)，再將 10% CV-8 蔬菜汁與各種供試藥劑混合，充分搖盪混合均勻溶解後，再加入滅菌蒸餾水，配製成所需濃度。

孢子發芽率測定：以滅菌微量吸管取 20 μL 不同藥劑之溶液，置於滅菌玻片之凹槽 (每玻片含 2 凹槽) 內，再以無菌微量吸管取 20 μL 供試綠黴病菌孢子懸浮液，滴於含農藥之玻片凹槽內，並混合均勻。此時，藥劑經與等體積的孢子懸浮液混合後，藥劑濃度已分別稀釋為 25% 克熱淨濃度 2000 倍 (ai 125 ppm)、41.8%腐絕濃度 500 倍 (ai 836 ppm)、2,4-D 25 ppm 及次氯酸鈉 (NaOCl) 300 ppm，而 CV-8 蔬菜汁之濃度亦降為 5%。供試玻片並置於直徑 9 cm 之玻璃培養皿內，培養皿內約含 5–10 mL 無菌水保濕。培養皿置於 24℃下，經 16 小時後，於顯微鏡下逢機計算 200 個孢子之發芽率。每處理 2 皿，4 重複，重複進行 2 次。以滅菌蒸餾水處理作為對照組。

藥劑對綠黴病菌菌絲生長之影響

將供試菌株 PD9701 移植至 PDA 培養基，於 24℃之定溫培養箱中培養 5–7 天後，以滅菌過之打孔器 (孔徑 1 cm) 切取菌絲塊供試。

利用藥劑平板測試法測定供試藥劑之抑菌效果。藥劑的配製方法：先將適量之供試藥劑溶於 5–10 mL 之無菌蒸餾水中。每 100 mL 之 PDA 裝置於 250 mL 血清瓶中，滅菌後等培養基溫度降至 60–70℃時，快速加入適量之供試藥劑後搖勻，倒入塑膠培養皿中，每皿 15 mL，配製成含 25%克熱淨溶液 2000 倍及 41.8%腐絕水懸劑 500 倍之 PDA 平板。待培養基冷卻後，

將直徑 1 cm 的菌絲塊，菌絲面朝下置入直徑 9 cm 之含藥劑的 PDA 培養基平板中心，置於 24℃之定溫培養箱中培養，每天量取菌落直徑。每溫度處理 5 皿，重複進行 2 次。以不添加任何藥劑作為對照。

柳橙果實傷痍接種綠黴病菌

將柳橙以水清洗乾淨後吹乾，再分別進行不同之處理：(i) 不製造傷口，接種病原菌分生孢子懸浮液 (1 × 10^6 spores/mL)；(ii) 製造傷口，以 3 號蟲針 5 支為一把，每果實製造 20 處傷口，接種病原菌分生孢子。(iii) 對照組製造傷口後接種無菌蒸餾水。每處理 10 粒柳橙果實，4 重複；重複進行 2 次。接種方法為將果實浸泡於懸浮液中 30 秒後吹乾，套塑膠袋，置於 24℃之定溫培養箱中培養，每天觀察病害發生情形，記錄發病率，至 20 天為止。對照組接種無菌蒸餾水。

溫度對柳橙果實綠黴病之發病影響

將當天採收之柳橙果實以蒸餾水清洗乾淨後吹乾，製造傷口 (同上)，接種病原菌分生孢子 (1 × 10^6 spores/mL) 後，再套塑膠袋，分別置於 4–36℃間隔 4℃之定溫培養箱中培養，每天觀察病害發生情形，記錄發病率，至 7 天為止。對照組傷痍處理後接種無菌水。每處理 10 粒柳橙果實，4 重複；試驗重複進行 2 次。

接種前後施藥對病害發生之影響

供試藥劑包括 25%克熱淨溶液 2000 倍稀釋液 (ai 125 ppm)、41.8%腐絕水懸劑 500 倍稀釋液 (ai 836 ppm)、2,4-D 水溶液 (25 ppm) 及次氯酸鈉 (NaOCl) 水溶液 (2000 ppm)。配製時稱取需求量的藥劑，倒入含 10 L 自來水的水桶中，攪拌均勻後備用。將當天採收之柳橙以無菌蒸餾水清洗乾淨後吹乾，製造傷口 (同上) 後，再進行兩種試驗：(i) 果實先接種病原菌後 5 小時，再分別浸泡供試藥劑水溶液 30 秒後吹乾，再套塑膠袋；(ii) 果實先浸泡供試藥劑 30 秒後吹乾，再接種病原菌後套塑膠袋。接種後置於室溫下 (24℃) 每天觀察病害之發生情形，記錄發病率，至 10 天為止。對照組接種病原菌，不浸藥，浸於自來水中。每處理 10 粒柳橙果實，4 重複。

不同時間處理克熱淨對綠黴病的防治效果

果實先傷痍接種病原菌後不同時間再浸藥之發病情形：將當天採收之柳橙果實清洗吹乾後，以蟲針製造傷口，再接種病原菌。接種後之果實分別於 4–24 小時間隔 4 小時、2 天及 3 天浸 25%克熱淨溶液 2000 倍 30 秒後吹乾，再套塑膠袋，處理後置於室溫下 (24℃)，5 天後觀察病害之發生情形。對照組處理與重複數同上。

果實傷痍處理後浸藥，不同天數後接種之發病情形：將當天採收之柳橙果實清洗、吹乾後，以蟲針製造傷口，再將果實浸泡於 25%克熱淨溶液 2000 倍 30 秒後，分別於 0–9 天每天接種分生孢子懸浮液，接種後套塑膠袋並置於室溫下 (24℃)，5 天後觀察病害之發生情形。對照組處理與重複數同上。

果實浸藥後於不同天數後傷痍接種之發病情形：將當天採收之柳橙果實清洗、吹乾後，先浸 25%克熱淨溶液 2000 倍 30 秒。之後，分別於 0–9 天每天接種一處理，接種前以蟲針製造傷口，接種後套塑膠袋，5 天後觀察病害之發生情形，全程實驗均在室溫下 (24℃) 進行。對照組處理與重複數同上。

統計分析

以上試驗差異顯著性測驗，係利用 SAS 9.1 統計分析軟體 (SAS Institute, Inc. 2004) 進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA)及最小顯著差異性 (least significant difference, LSD) 測驗。

結　　果

柳橙綠黴菌之分離與鑑定

經調查、取樣分離及形態鑑定結果，造成

採收後柑橘果實快速腐敗的病菌為 *Penicillium* spp.，90%以上由 *P. digitatum* 引起 (造成綠黴病)，極少部份為 *P. italicum* (造成青黴病)，而雲林縣古坑區出口之柳橙腐敗皆是由綠黴菌所引起。綠黴病與青黴病的外觀病徵容易區別，兩者的初期病徵均為水浸狀軟腐，而後病斑迅速擴大長出白色黴狀物，1–2 天之後罹患綠黴病果實上的黴狀物轉為灰綠色，青黴病果實為藍色，此時孢子均已成熟，輕彈病果，即有大量的孢子粉狀物掉落。此外，在採收前，極少數的樹上柳橙果實會出現綠黴病，均為有傷口的病果；而地面上的落果則經常出現綠黴病。

溫度對柳橙綠黴菌菌絲生長之影響

將綠黴菌菌絲塊培養於 PDA 培養基，置於設定為不同溫度之定溫箱中培養，溫度低於 4℃以下或高於 36℃以上時菌絲均不生長，8℃以下與 32℃以上時生長緩慢，最適生長溫度為 24℃ (圖 1)。

藥劑對綠黴菌孢子發芽之影響

測試藥劑對綠黴菌分生孢子發芽之抑制效果，結果以 25%克熱淨 2000 倍稀釋液之效果最好，發芽率為 0%；41.8%腐絕水懸劑 500 倍稀釋液之效果次之，發芽率為 5.8%；其餘處理之效果均不佳，80% 2,4-D (25 ppm) 處理者為 68.8%，次氯酸鈉 300 ppm 為 80.5%；而對照組孢子之發芽率為 82.0%。利用費雪最小顯著差異測驗法 (Fisher's least significant difference test, LSD) 分析結果，克熱淨與腐絕與對照無藥劑處理比較達 5%顯著性差異。

藥劑對綠黴菌菌絲生長之影響

將供試藥劑添加於 PDA 培養基，測試各藥劑對綠黴菌菌絲生長之抑制效果，結果亦以 25%克熱淨溶液 2000 倍稀釋液之效果最佳，菌絲完全不生長，顯著優於其他處理；41.8%腐絕水懸劑 500 倍之抑制能力次之，較對照處理顯著為佳 (圖 2)。

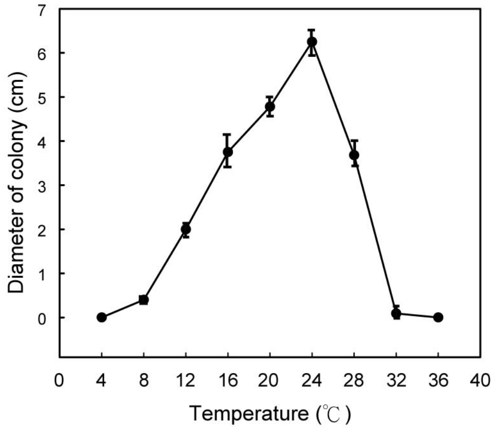

圖 1. 不同溫度對綠黴菌 (*Penicillium digitatum*) 在 PDA 培養基上之生長影響 (生長 7 天)。

Fig. 1. Effect of temperature on mycelial growth of *Penicillium digitatum* on PDA cultures at 24℃ for 7 days.

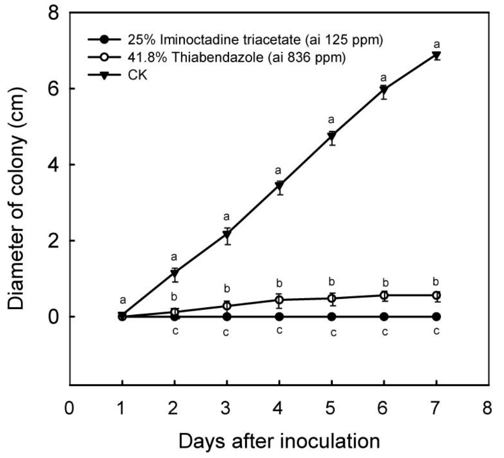

圖 2. 克熱淨及腐絕對綠黴菌 (*Penicillium digitatum*) 菌絲在 PDA 上之生長抑制情形 (24℃)。

Fig. 2. Suppression of mycelial growth of *Penicillium digitatum* grown on PDA amended with different fungicides. Cultures were incubated at 24℃ and measured daily for colony diameter for 8 days. Values of the same day followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

柳橙果實接種綠黴菌後之發病情形

於 24℃之定溫箱中，柳橙製造傷口接種病原菌後第 2–3 天即出現病徵；但無傷痍處理組接種至第 20 天仍完全不發病 (圖 3)。

柳橙果實傷痍接種後置於不同溫度下之發病情形

將柳橙傷痍接種病原菌後置於不同溫度之定溫箱中，結果以 24℃時之發病最快，第 3 天即有 70%果實出現病徵，其餘溫度尚未發病；第 4 天時 24℃之果實發病率為 100%，其次為 20℃處理之發病率為 80%，16℃之發病率為 50%；接種後第 5 天時 20℃之發病率為 100%；第 7 天時 8℃以下及 32℃以上則仍未發病，未接種病菌之對照處理均未發病 (圖 4)。

接種前後施藥對病害發生之影響

先接種病原菌再浸不同藥劑處理，結果以浸 25%克熱淨溶液 2000 倍稀釋液之發病率最低，該處理之果實至第 10 天尚未發病 (發病率為 0，與其他處理達 5%顯著性差異)；其他處理之發病率均甚高，且處理間差異性不顯著，浸 41.8%腐絕水懸劑 500 倍、80% 2,4-D (25 ppm)、次氯酸鈉 (2000 ppm) 及對照處理之果實第 3 天即開始發病，第 4 天發病率幾乎達 100%。先浸不同藥劑處理再接種病原菌，結果亦以先浸 25%克熱淨溶液 2000 倍處理之果實發病率最低，至第 10 天未發病 (與其他處理達 5%顯著性差異)；而其他處理與對照組之果實第 3 天即發病，第 4 天發病率幾乎達 100%發病，各組間差異性不顯著 (圖 5)。

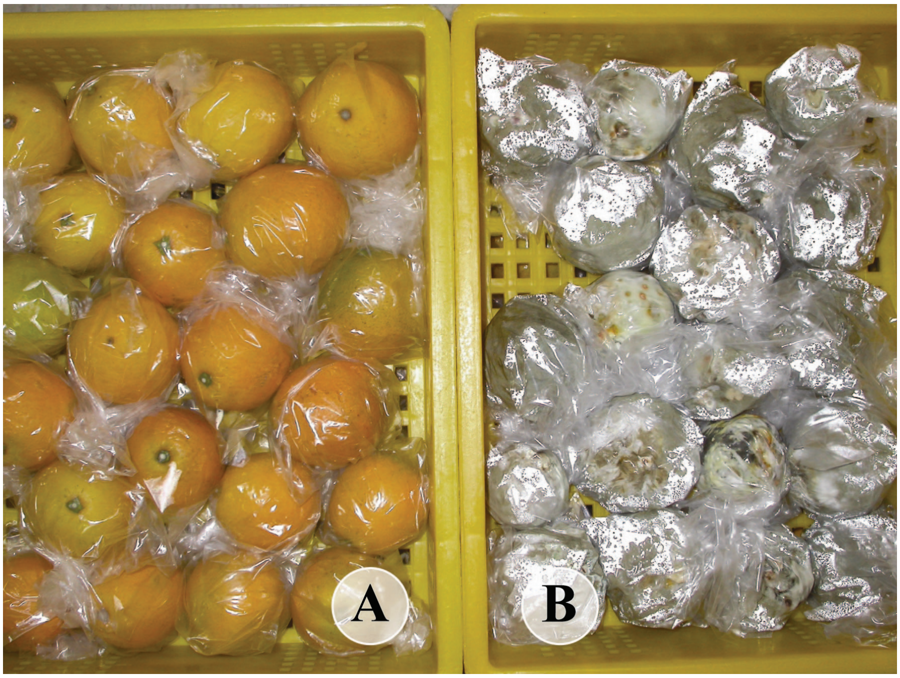

圖 3. 柳橙果實傷痍與無傷痍接種綠黴菌 (*Penicillium digitatum*) 之結果。(A) 無傷痍接種不產生病徵；(B) 傷痍接種之病徵。(於 24℃定溫箱中 20 天)

Fig. 3. Comparison of fruits of sweet orange inoculated with conidial suspension of *Penicillium digitatum* with (B) and without (A) wounding treatment. Fruits were stored at 24℃ for 20 days. Note severe green mold on wounded fruits (B) but no green mold on unwounded fruits (A).

不同時間處理克熱淨對綠黴病的防治效果

果實先接種病原菌後不同時間再浸藥之發病情形：先接種病原菌再經不同時間後浸 25% 克熱淨溶液 2000 倍稀釋液，第 5 天之調查結果顯示，接種 16 小時內再浸藥劑之果實皆無發病，接種 20 小時後再浸藥劑之果實則有 30% 發病，接種 2 天後再浸藥劑之果實則 100%發病，接種後無浸藥之對照組發病率亦為 100% (圖 6)。

果實傷痍處理後浸藥，不同天數後再接種病原菌之發病情形：柳橙果實先製造傷口後浸 25%克熱淨溶液 2000 倍稀釋液，每天接種 4 組 (每組 10 粒) 柳橙果實，接種後 5 天觀察發病情形，結果至第 9 天後接種之柳橙亦未發病，但無浸藥之對照組發病率則為 100% (圖 7)。

果實浸藥後於不同天數後傷痍接種病原菌之發病情形：無傷痍處理之柳橙果實先浸 25% 克熱淨溶液 2000 倍稀釋液，接種病原菌前再製造傷口，每天接種 4 組 (每組 10 粒) 柳橙果實，接種後 5 天調查果實發病率，結果當天接種之柳橙有 45%發病，1 天後接種之果實有 70% 發病，2 天後接種之果實則 95%發病，無浸藥之對照組發病率亦為 100% (圖 8)。

討　　論

政府於 2008 年開始積極拓展柳橙果實外銷市場，主要銷往大陸，卻發生外銷果實運送

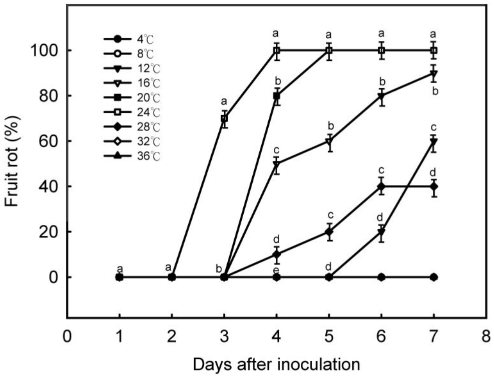

圖 4. 柳橙果實傷痍接種綠黴菌 (*Penicillium digitatum*) 後，於不同溫度下之發病情形。

Fig. 4. Effect of temperature on development of fruit rot of sweet orange artificially inoculated with *Penicillium digitatum*. Fruits were wounded using a bundle of five of needles and then soaked in a suspension of *P. digitatum* containing 10^6 conidia/mL. Orange fruits were incubated at 24℃ and examined daily for incidence of fruit rot for a period of 8 days. Values of the same day followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

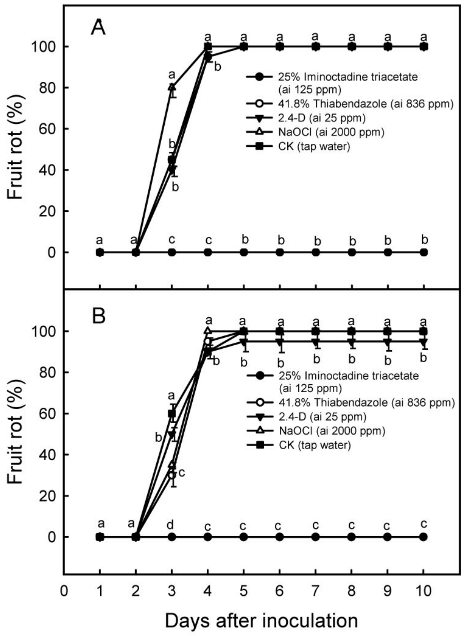

圖 5. 不同藥劑與使用時機對柳橙果實綠黴病的防治效果。(A) 果實傷痍處理後先接種綠黴菌 (*Penicillium digitatum*) 再浸泡藥劑；(B) 果實先浸藥劑後再傷痍接種綠黴菌。

Fig. 5. Effect of time of application of fungicides on control of fruit rot of sweet orange caused by *Penicillium digitatum*. Orange fruits were wounded, inoculated with *P. digitatum* (10^6 conidia/mL) and then soaked in a chemical solution (A) or they were soaked in a chemical solution and then inoculated with *P. digitatum* by wounding treatment (B). Values of the same date followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

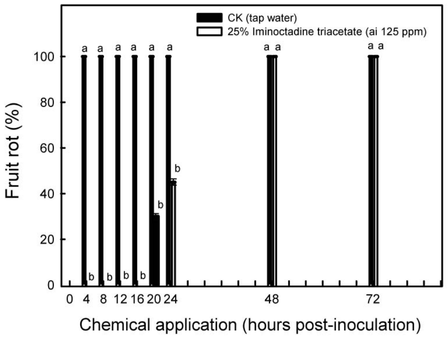

圖 6. 柳橙果實傷痍接種綠黴菌 (*Penicillium digitatum*)，於不同時間後浸泡克熱淨水溶液，置於24℃下 5 天後之發病情形。

Fig. 6. Effect of duration between inoculation of *Penicillium digitatum* and treatment of iminoctadine triacetate on control of fruit rot of sweet orange. Orange fruits were wounded and inoculated with conidiospore suspension (10^6 conidia/mL) of *P. digitatum*, and then dipped in the solution of iminoctadine triacetate at different time after inoculation. Fruit rot in each treatment was rated after incubation at 24℃ for 5 days. Values in the same hour followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

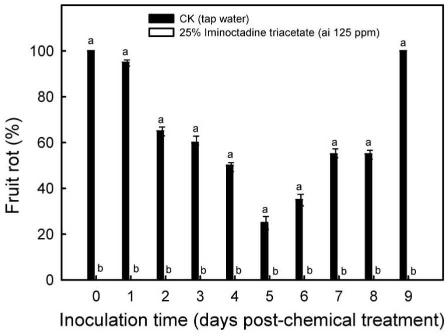

圖 7. 傷痍處理之柳橙果實浸泡克熱淨水溶液，不同天數後再接種綠黴病菌 (*Penicillium digitatum*)，於24℃下 5 天後之果實發病情形。

Fig. 7. Effect of duration between treatment of injured fruits with iminoctadine triacetate and inoculation of *Penicillium digitatum* on fruit rot of sweet orange. Fruits of sweet orange were wounded and dipped in iminoctadine triacetate solution, and then inoculated with conidiospore suspension (10^6 spores/mL) of *P. digitatum* at different time after the fungicide treatment. Fruit rot in each treatment was rated after incubation at 24℃ for 5 days. Values in the same day followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

至目的地後大量腐敗的情形。依據記載，引起柑橘果實快速腐敗的 *Penicillium* 病害，主要有綠黴菌 (*P. digitatum*) 與青黴菌 (*P. italicum*) (Huang *et al*. 2003)，而經取樣分離與形態鑑定結果，從雲林縣出口之柳橙快速腐敗皆由綠黴病菌所引起，而古坑地區與中部地區的柑橘 *Penicillium* 病害亦 90%以上由綠黴菌引起。綠黴病菌與青黴病菌形態上主要之差異為，綠黴病菌分生孢子梗 (conidiophore) 分支較少約 1–2 支，青黴病菌分生孢子梗分支較多約 2–6 支。收集到的綠黴菌與青黴菌菌株經核醣體內轉錄區間 (internal transcribed spacers, ITS region) DNA 定序，綠黴菌的 ITS1-5.8S DNA-ITS2 全長序列為 498 bp，青黴菌為 497 bp，與 NCBI 收集的菌株序列比對，相似度最高 (best hit) 均達 100% (未發表)，顯示分生證據與形態特性之鑑定相符合。

綠黴病菌為弱病原菌 (兼性寄生菌，facultative parasite)，不易侵染樹上健康的綠色果實，當柳橙果實轉色且受傷時才會被感染 (Huang *et al*. 2003)，經本試驗之結果亦顯示柳橙無傷口時接種病原菌，果實並不會被侵染而發病，有傷口時病菌才能侵入感染；傷痍處理之柳橙果實接種後，在 8℃以下及 32℃以上不出現病徵，而 20–28℃均適合發病，且以 24℃發病最快，接種第 3 天即出現病徵 (圖 4)。此與，病菌培養於 PDA 上時的生長情形相仿，但稍有出入，人工培養時在 4℃以下與 36℃以上不會生長，16–28℃生長良好，且以 24℃生長最快速 (圖 1)。

綠黴病菌之分生孢子於水中發芽率很低，幾乎不發芽，有研究報告指出添加葡萄糖、有機酸或檸檬酸可促進孢子發芽 (Pelser & Eckert 1977)，或添加柑橘果實外皮組織亦可促進孢子發芽 (Davis & Smoot 1965)，本研究則

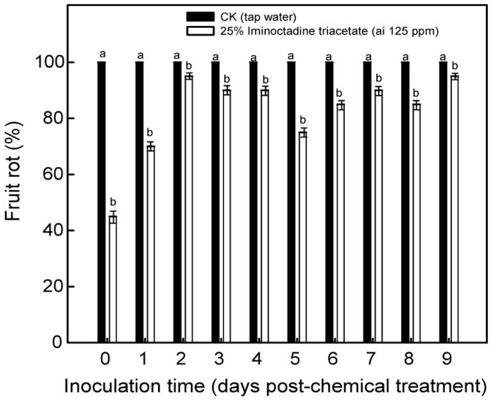

圖 8. 柳橙果實浸泡克熱淨水溶液，經不同天數後傷痍接種綠黴菌 (*Penicillium digitatum*)，在 24℃下 5 天後之果實發病情形。

Fig. 8. Effect of duration between treatment of uninjured fruits with iminoctadine triacetate and inoculation of *Penicillium digitatum* by wounding on fruit rot of sweet orange. Uninjured fruits of sweet orange were dipped in iminoctadine triacetate solution first, and then inoculated with conidiospore suspension (10^6 conidia/mL) of *P. digitatum* by wounding at different time after the fungicide treatment. Fruit rot was rated after incubation at 24℃ for 5 days. Values in the same day followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

添加 5%蔬菜汁 (V-8 juice)，即可促使孢子大量發芽，以進行藥劑試驗。

在植物保護手冊中，防治柑橘綠黴病的推薦藥劑僅有 41.8%腐絕水懸劑 500 倍稀釋液 (Fei *et al.* 2010)。但「克熱淨」在外銷柑橘類訂有農藥殘留量，包括我國為 5.0 ppm，澳大利亞為 5.0 ppm，歐盟為 5.0 ppm 及日本為 1.0 ppm (Tzeng 2008)，該藥劑可使用於外銷柳橙果品之防黴處理，因此本研究選擇該兩藥劑，進行抑菌與抑病試驗評估。試驗結果顯示，25%克熱淨溶液 2000 倍稀釋液 (ai 125 ppm) 與 41.8%腐絕水懸劑 500 倍稀釋液 (ai 836 ppm) 對綠黴菌的菌絲生長與分生孢子發芽之抑制效果均甚佳 (圖 2 & 4)，尤其克熱淨溶液在推薦濃度 (即 ai 125 ppm) 時可以 100% 抑制病菌活動。在防治果實綠黴病害時，克熱淨溶液亦有相當好的抑病功效，但腐絕水懸劑的防病功效非常差，該處理發病情形與對照處理無顯著性差異 (圖 5)。國外曾經報導綠黴病菌對於腐絕有抗藥性之菌株存在 (Bus *et al.*1991; Harding 1972; Holmes & Eckert 1999)，台灣綠黴病菌是否有此現象值得進一步探討。克熱淨 (ai 125 ppm) 防治柳橙綠黴病的效果雖然甚佳，然而藥劑處理的時機會影響病害防治的功效，藥劑處理後的果實只要沒有新的傷口，病菌在 9 天內均無法侵入感染 (圖 7)，但是藥劑處理的果實如果有新的傷口，綠黴菌可立即入侵，誘發病害 (圖 8)；而經過傷痍接種病菌的果實，如果在 16 小時內施用克熱淨，可以完全抑制病徵出現；但時間超過 16 小時以後，克熱淨即逐漸失去抑制效果 (圖 6)。

除上述兩種藥劑外，次氯酸鈉與二氧化氯兩種經常用來表面消毒的化學品亦被評估，但在高濃度下 (分別為 300 ppm 與 100 ppm)，兩種藥劑對分生孢子發芽與保護果實方面的效果均甚差。此外，國外之研究報告使用溫水處理、碳酸鈉、碳酸氫鈉 (Palou *et al.* 2001) 或丁胺鹽 (2-Aminobutane salts) (Eckert & Kolbezen 1964) 對於綠黴病有防治之效果，在台灣之防病成效如何，尚待探討。

柑橘綠黴菌之主要傳播與侵染器官為分生孢子，靠空氣傳播，一般存在於田間、集貨場、貯藏庫、包裝容器和零售市場，可說是無處不在，從而感染果實，造成損失 (Huang *et al.* 2003)。綠黴病菌之分生孢子在果園土壤內可存活 1 年以上，可為田間感染之初次感染源 (Kuramoto 1979)，因此採果時不慎掉落地面的果實應捨棄，以減低感染源。當柳橙結實後，病原菌會感染地面落果或侵染樹上受傷的果實，大量繁殖產生分生孢子，成為二次感染源，增加園內的病菌密度。這些孢子隨風飛散而附著於果實上，跟隨柳橙果時採收後一起進入貯

藏庫，如果果實碰觸與擠壓受傷，病菌即可侵入感染。因此貯藏或運輸期間，如果環境高溫多濕，發病較為嚴重，若能將環境控制於 8℃以下，則病害不會發生。又本實驗發現，果實感染綠黴菌後 16 小時內處理克熱淨藥劑，可以完全抑制病害發生，因此採收後的果實應儘早進行浸藥處理。以降低發病率，浸藥後的果實應避免表皮受傷，再被病菌入侵。

引用文獻 (Literature cited)

Bus, V. G., A. J. Bongers, and L. A. Risse. 1991. Occurrence of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* resistant to benomyl, thiabendazole, and imazalil on citrus fruit from different geographic origins. Plant Dis. 75:1098–1100.

Council of Agriculture. 2009. Agricultural Statistics Yearbook. Council of Agriculture, Executive Yuan. Taipei. 351 pp. (in Chinese)

Davis, P. L. and J. J. Smoot. 1965. Inducement of germination of *Penicillium digitatum* spores by orange rind components and effect of pH of substrate. Phytopathology 55:1216–1218.

Eckert, J. W. and M. J. Kolbenzen. 1964. 2-Aminobutane salts for the control of postharvest decay of citrus, apple, pear, peach, and banana fruits. Phytopathology 54:978–986.

Fei, W. C., Y. C. Wang, F. S. Chen, H. M. Lin, and Y. H. Lee. 2010. Plant Protection Manual. Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substance Research Institute. Council of Agriculture. Taichung. 963 pp. (in Chinese)

Harding, P. R. 1972. Differential sensitivity to thiabendazole by strains of *Penicillium italicum* and *P. digitatum*. Plant Dis. Rep. 56:256–260.

Holmes, G. J. and J. W. Eckert. 1999. Sensitivity of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* to postharvest citrus fungicides in California. Phytopathology 89:716–721.

Huang, T. C. 2003. Citrus Protection Compendium. Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine Pub., Council of Agriculture, Executive Yuan. Taipei. 378 pp. (in Chinese)

Kuramoto, T. 1979. Survival of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* in soil. Sull. Fruit Tree Res. Stn., Ser. B. Okitsu (Jpn) 6:137–149.

Lo, T. U., S. C. Chang, K. S. Kung, and R. J. Chiu. 1952. Survey on citrus diseases and insect pests. J. Agric. Forest. 1:78–126. (in Chinese)

Palou, L. J. L. Smilanick, J. Usall, and I. Vinas. 2001. Control of postharvest blue and green molds of oranges by hot water, sodium carbonate and sodium bicarbonate. Plant Dis. 85:371–376.

Pelser, P. du T. and J. W. Eckert. 1977. Constituents of orange juice that stimulate the germination of conidia of *Penicillium digitatum*. Phytopathology 67:747–754.

Sawada, K. 1922. Descriptive Catalogue of the Formosan Fungi 2:130. (in Japanese)

Tzeng, D. S. 2008. Handbook of Maximum Residual Limits for Taiwan Agricultural Products Export to Forein Counties (or Regions). National Chung Hsing University & Agriculture and Food Agency Pub., Council of Agriculture, Executive Yuan. Taichung. 494 pp.

Etiology and Control of Fruit Rot of Sweet Orange Caused by *Penicillium digitatum* [1]

Jyh-Nong Tsai[2], Pao-Jen Ann[2,3], and Hsiu-Fang Cheng[2]

Abstract

Tsai, J. N., P. J. Ann, and S. F. Cheng. 2011. Etiology and control of fruit rot of sweet orange caused by *Penicillium digitatum*. J. Taiwan Agric. Res. 60:139–148.

Fruit rot or green mold caused by *Penicillium digitatum* is the most common postharvest disease of sweet orange (*Citrus sinensis* cv. 'Liu-cheng') in Taiwan. A study was conducted to determine effect of temperature on growth of the pathogen and development of fruit rot of sweet orange and effect of fungicide treatment on control of this postharvest disease. Results showed that the minimum, optimum and maximum temperature for mycelial growth of *P. digitatum* on PDA was 8, 24, and 36℃, respectively. The pathogen infects orange fruits through wounds and incidence of fruit rot was affected by storage temperatures, high incidence of fruit rot at the storage temperature of 24℃ but no fruit rot at the storage temperature above 32℃ or below 12℃. Symptoms of green mold appeared on inoculated fruits after storing at 24℃ for 2–3 days. Among the five fungicides [Iminoctadine triacetate (ai 125 ppm), Thiabendazole (ai 836 ppm), 2,4-Dichloro phenoxcyaceticacid (2,4-D) (25 ppm), sodium hypochloride (2000 ppm), and chloride dioxide (100 ppm)] tested, iminoctadine triacetate at 125 ppm was the most effective fungicide, which completely suppressed mycelial growth of *P. digitatum* on PDA and inhibited conidial germination in 5% CV-8 juice. Treatment of orange fruits with iminoctadine triacetate at 125 ppm before or after inoculation of *P. digitatum* also completely prevented the development of fruit rot for 9 days. However, iminoctadine triacetate was ineffective if the chemical was applied after inoculation of *P. digitatum* for 16 hours or longer. The fungicide thiabendazole at 836 ppm was effective in reducing spore germination of *P. digitatum* but was ineffective in reducing incidence of fruit rot. This study suggests that prevention of fruit injury, treatment of orange fruits with iminoctadine triacetate, and storage of orange fruits under cool temperature may be necessary for effective control of green mold of sweet orange caused by *P. digitatum*.

Key words: Sweet orange, *Citrus sinensis*, Green mold, *Penicillium digitatum*, Postharvest disease, Disease control, Iminoctadine triacetate.

---

1. Contribution No. 2521 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: June 17, 2011.
2. Respectively, Associate Researcher, Researcher and Director, and Assistant, Plant Pathology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: pjann@tari.gov.tw; Fax: (04)23302803.